

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

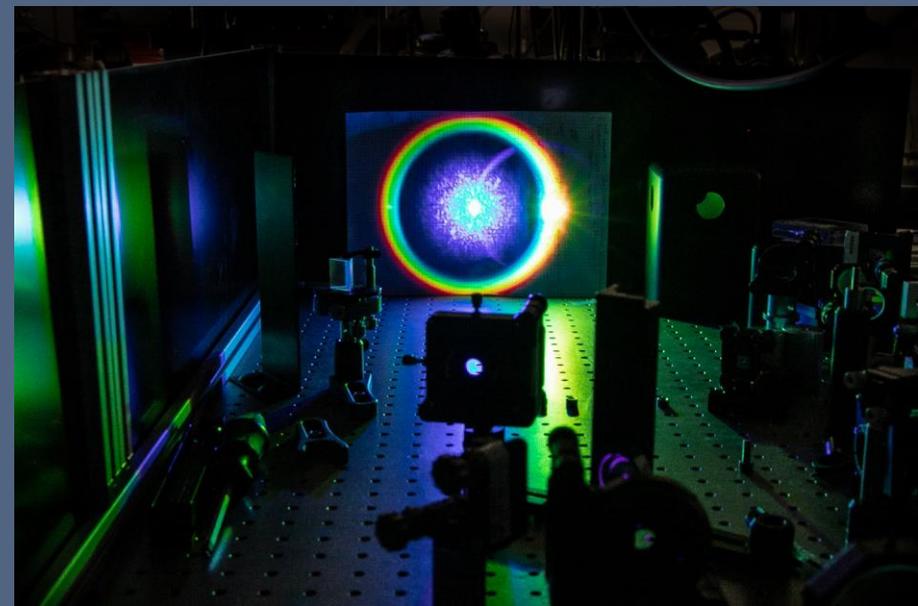
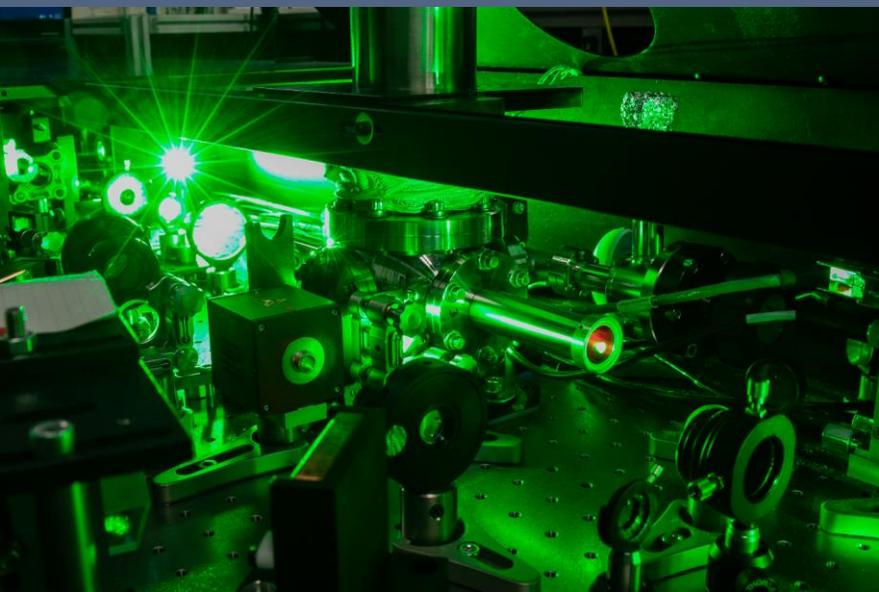


Spectroscopie attoseconde moléculaire

Hugo Marroux

Colloque Alain Bouyssy

16-12-2021

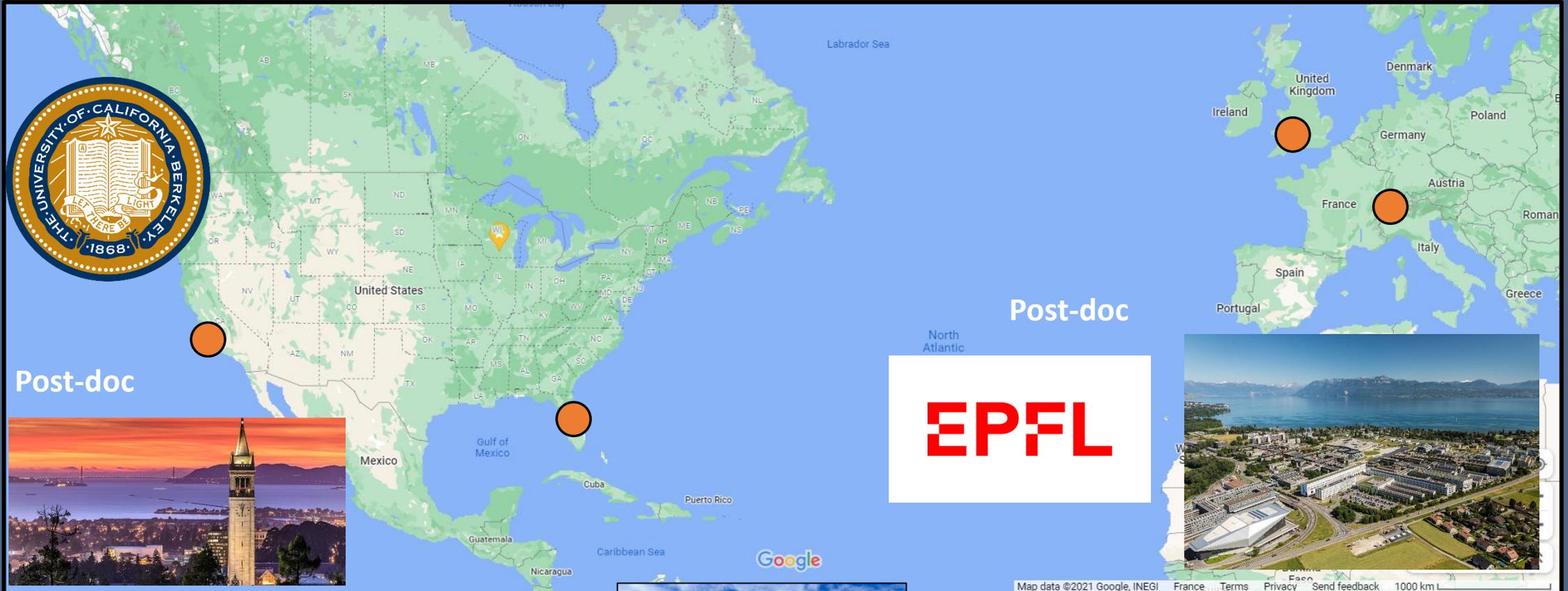


Mon parcours

Doctorat



University of
BRISTOL



Master



Actuellement



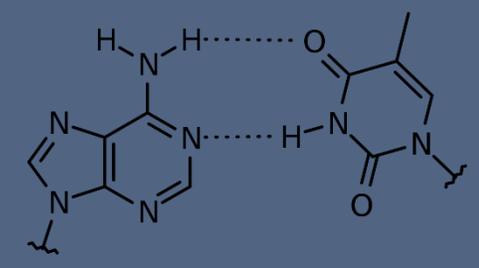
Mon parcours

Mécanisme de photo protection de l'ADN

Doctorat

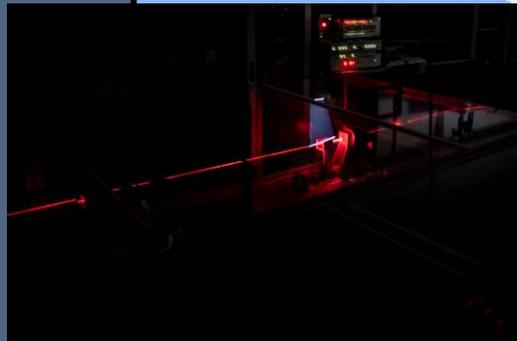
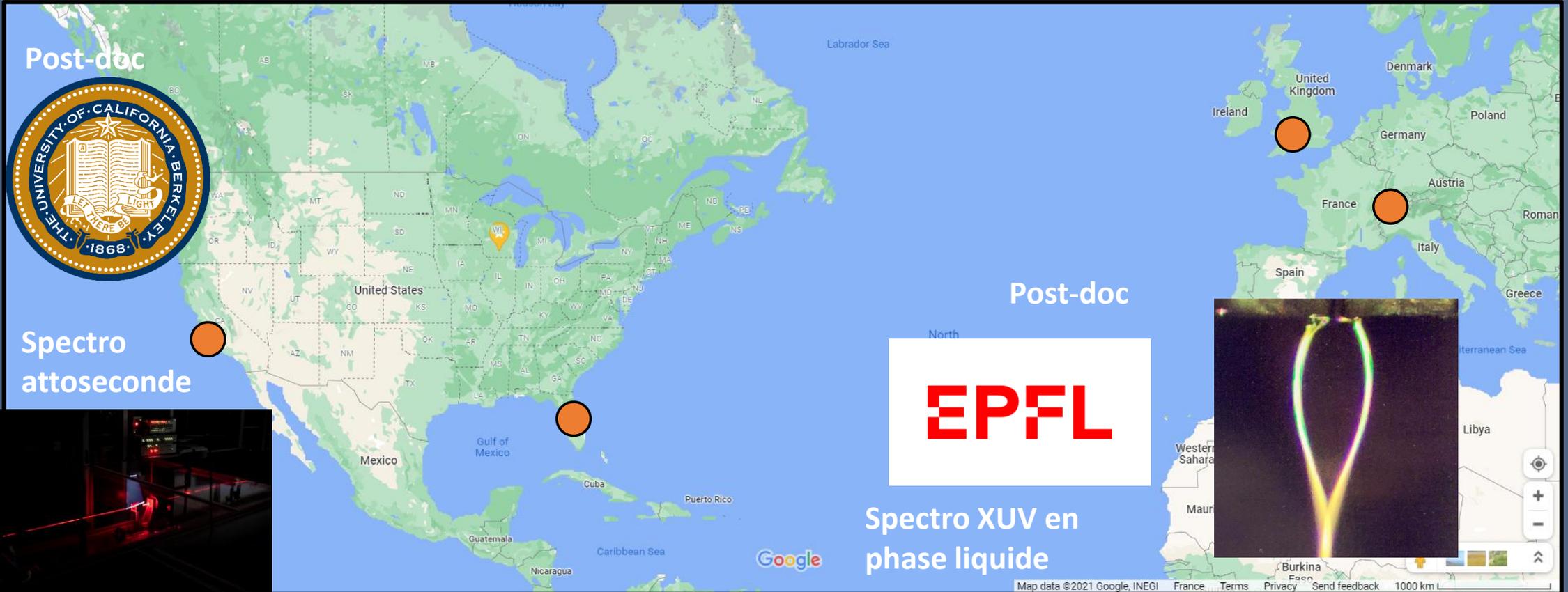


University of
BRISTOL



Adenine

Thymine



Master



Conception d'un NOPA



Actuellement



Spectroscopie résolue en temps

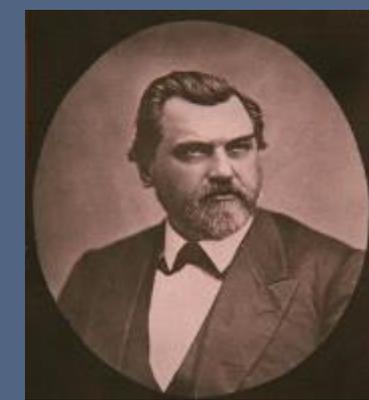
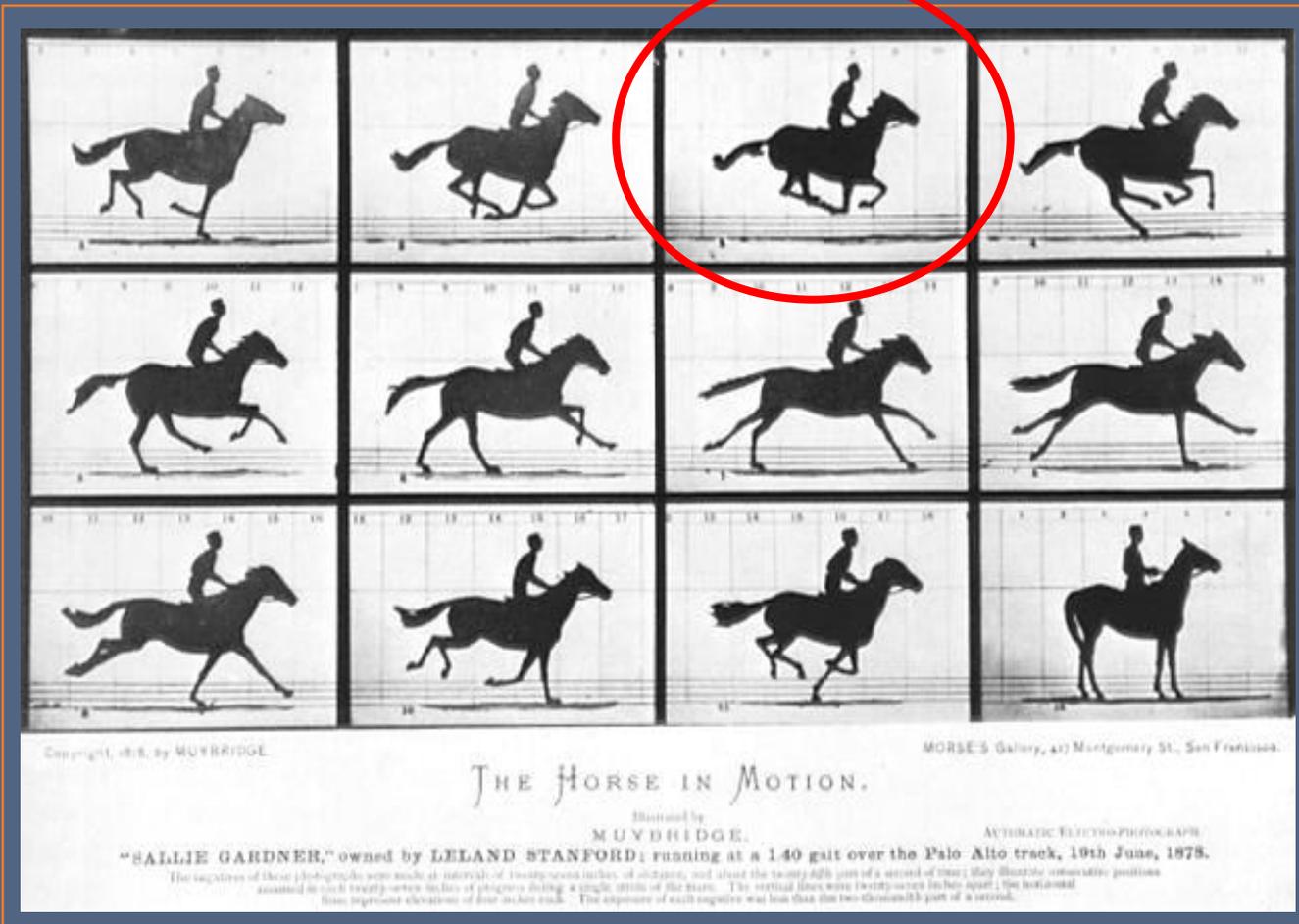
Comment les chevaux galopent-ils ?



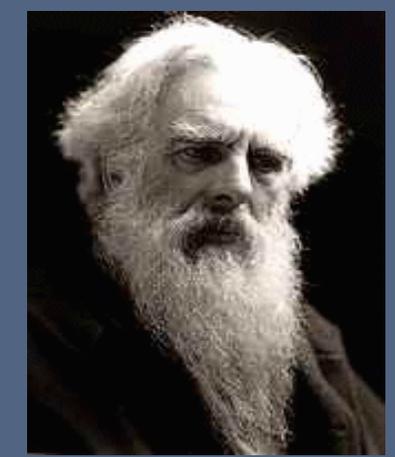
En 1821 ils galopent les quatre sabots étendus sans toucher le sol

Le derby d'Epsom, by Theodore Gericault, 1821

Spectroscopie résolue en temps



Leland Stanford



Eadweard Muybridge

En 1872, Resolution: 1ms

Spectroscopie résolue en temps

Les chimistes on eu la même idée pour étudier les réactions

The Nobel Prize in Chemistry 1967

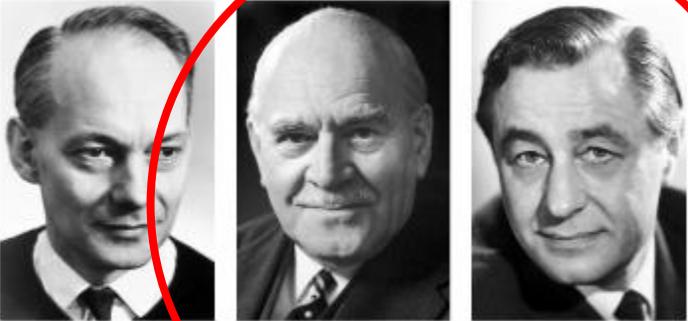


Photo from the Nobel Foundation archive.
Manfred Eigen
Prize share: 1/2

Photo from the Nobel Foundation archive.
Ronald George Wreyford Norrish
Prize share: 1/4

Photo from the Nobel Foundation archive.
George Porter
Prize share: 1/4

Flash photolysis

Laser Q-switch, résolution **nanoseconde**

Réaction limitée par la diffusion moléculaire

Ahmed Zewail
Facts



Ahmed H. Zewail
The Nobel Prize in Chemistry 1999

Born: 26 February 1946, Damanhur, Egypt

Died: 2 August 2016, Pasadena, CA, USA

Affiliation at the time of the award: California Institute of Technology (Caltech), Pasadena, CA, USA

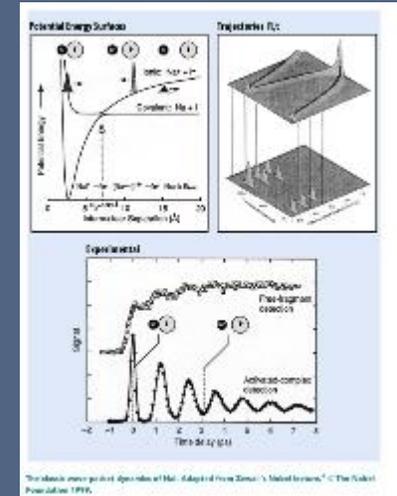
Prize motivation: "for his studies of the transition states of chemical reactions using femtosecond spectroscopy."

Prize share: 1/1

Photo from the Nobel Foundation archive.

Laser modelock, résolution **femtoseconde**

Dissociation, redistribution d'énergie interne



Utilise les technologies lasers de CPA (Nobel 2018)



© Arthur Ashkin
Arthur Ashkin
Prize share: 1/2

© Nobel Media AB. Photo: A. Mahmoud
Gérard Mourou
Prize share: 1/4

© Nobel Media AB. Photo: A. Mahmoud
Donna Strickland
Prize share: 1/4

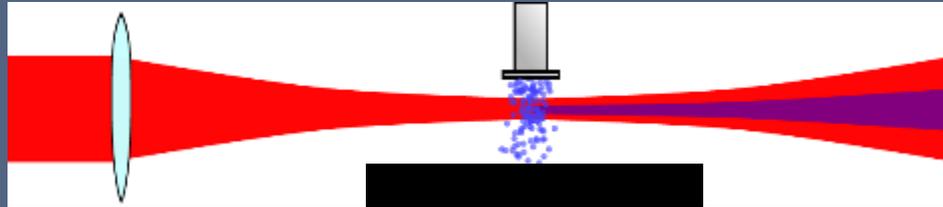
Spectroscopie Attoseconde

1987-1988 : Génération d'harmoniques d'ordre élevé dans les gaz

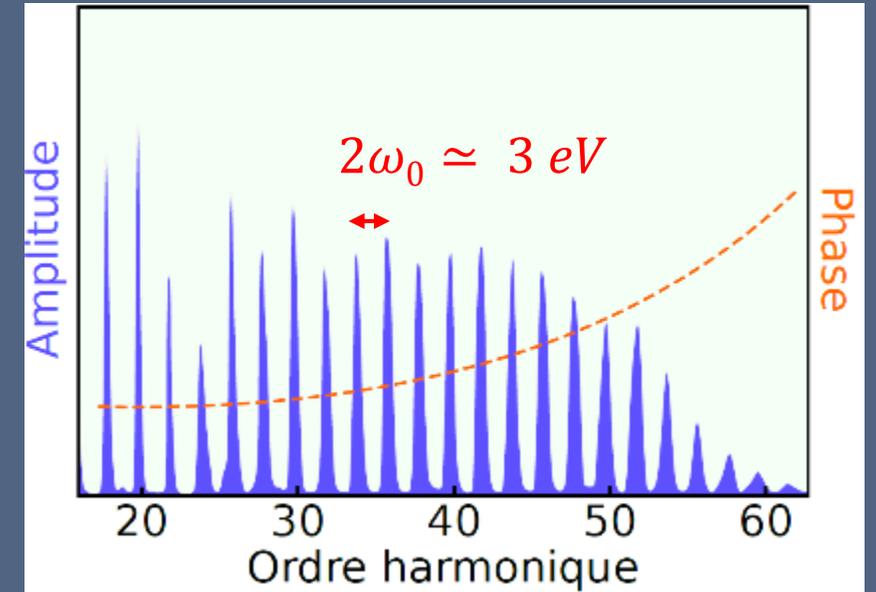
McPherson *et al.*, JOSA B (1987) Ferray *et al.*, J. Phys. B (1988)

Laser
femtoseconde
(1 fs = 10^{-15} s)

ω_0
 $\lambda = 800$ nm

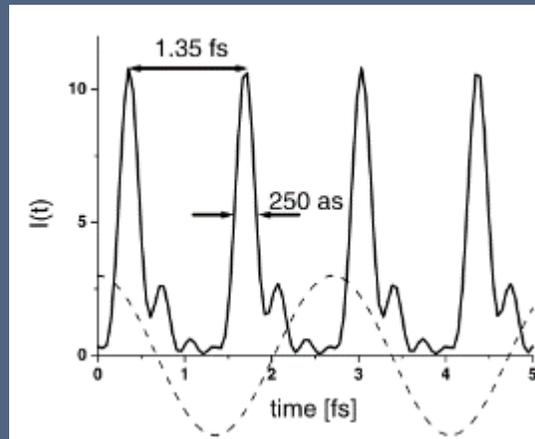


Largeur spectrale supporte *a priori* une durée d'impulsions attoseconde



2001 : Premières caractérisations d'impulsions attosecondes

Train d'impulsions attosecondes



Paul *et al.*, Science (2001)



Effet photoélectrique



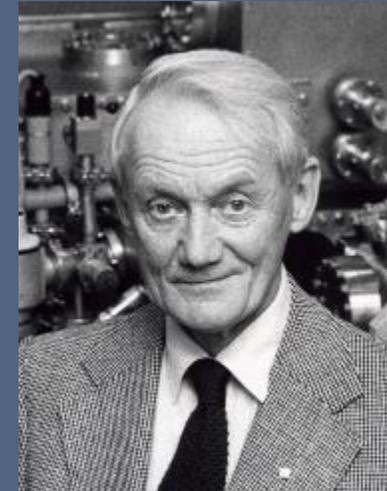
H. Hertz, 1887

Mise en évidence
expérimentale



A. Einstein, 1905

Interprétation
grâce au concept
de photon

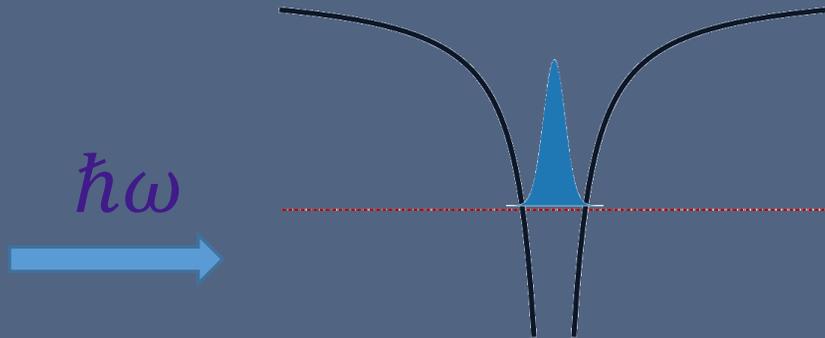


K. Siegbahn, 1982
Développement de la
spectroscopie de photoélectrons

Effet photoélectrique

Absorption d'un seul photon

Paquet d'ondes
électronique
(POE)

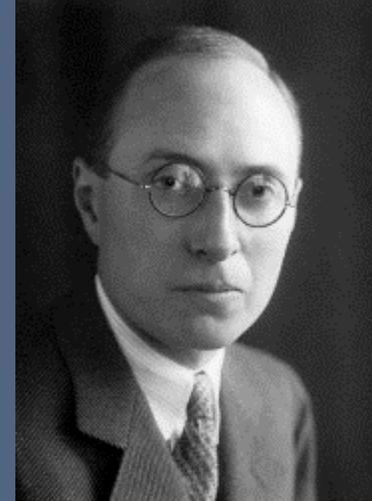


$$\tau_{\text{trans}} = 0$$

$$\tau_{\text{diff}} \neq 0$$

Transition
instantanée

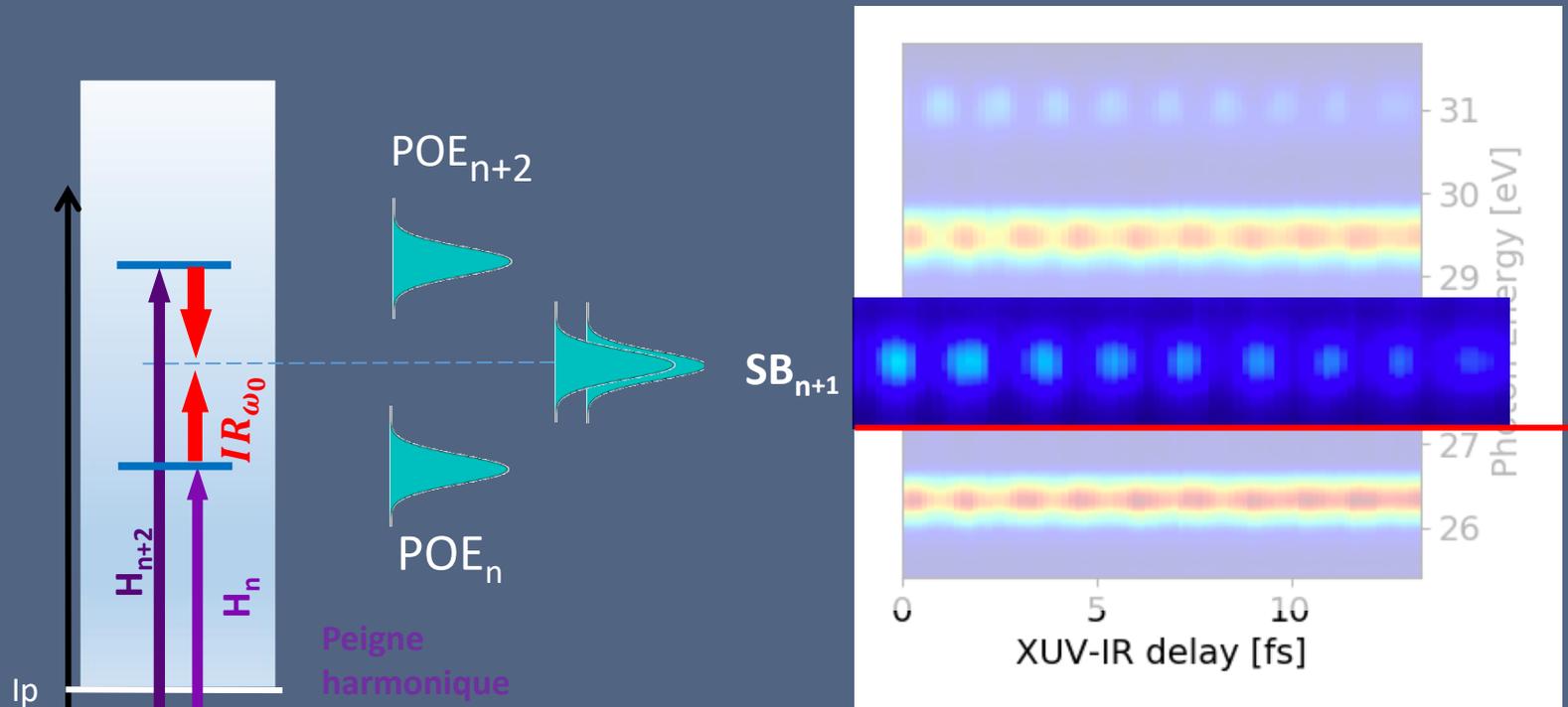
Diffusion sur le
potentiel ionique



E. Wigner (1955)

$\approx 10\text{-}100$ as !
(1 as = 10^{-18} s)

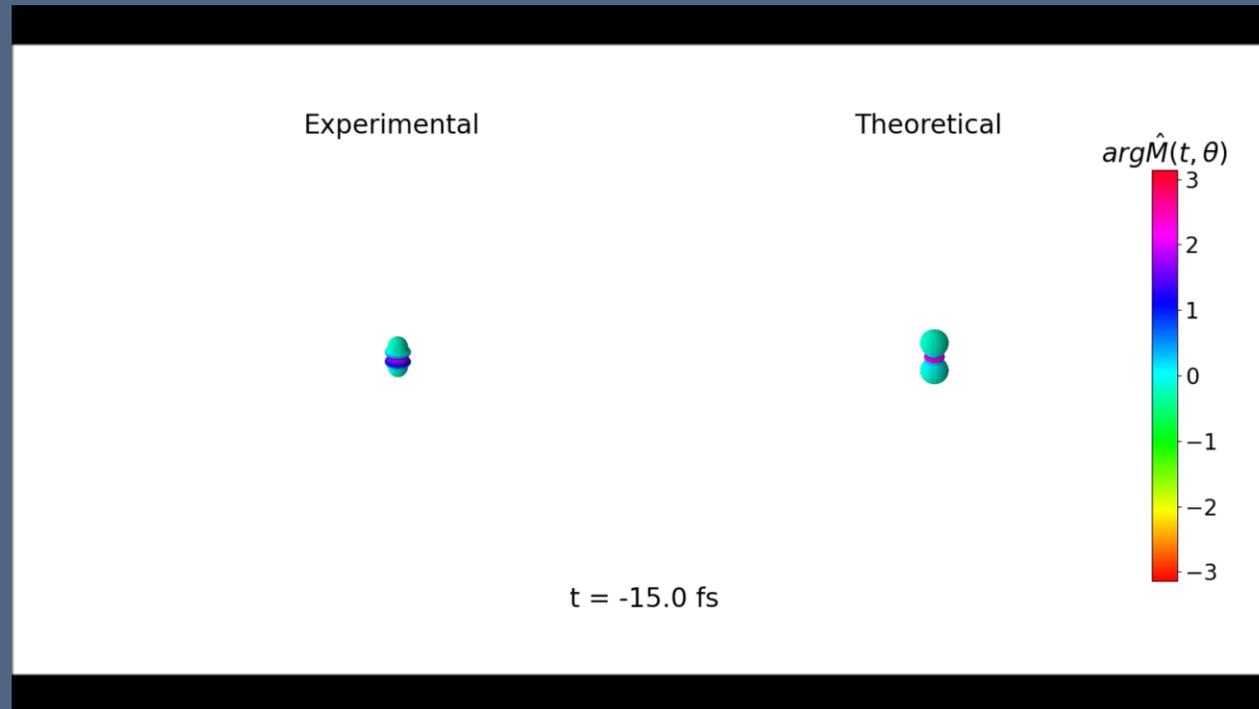
Interférométrie de photoélectron spectralement résolue



Le délai de diffusion est dans la phase des oscillations

$$S_{n+1}(\tau, \bar{E}) = \left| A_{(n)+1}^{(2)}(\bar{E}) \right|^2 + \left| A_{(n+2)-1}^{(2)}(\bar{E}) \right|^2 + 2 \left| A_{(n)+1}^{(2)}(\bar{E}) \right| \left| A_{(n+2)-1}^{(2)}(\bar{E}) \right| \cos[2\omega_0\tau + \Delta\varphi_{n+1}(\bar{E}) + \Delta\varphi_{atom}(\bar{E})]$$

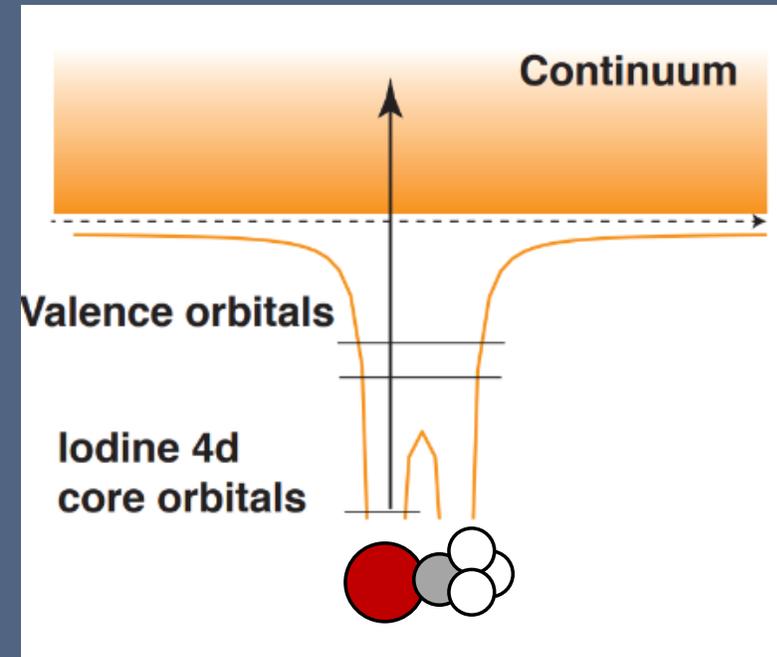
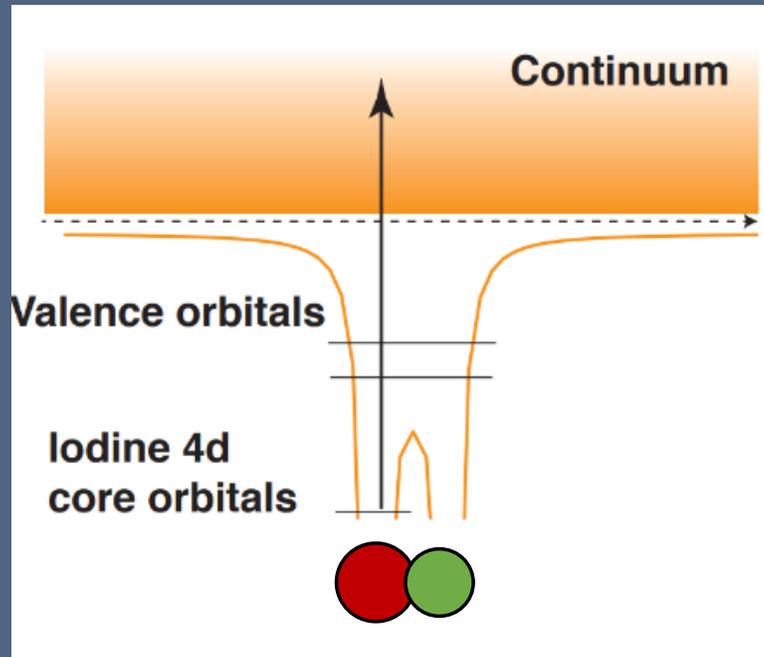
Interférométrie de photoélectron spectralement résolue



Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

Pourquoi dans les molécules ?

Le délai de photoémission nous renseigne sur le potentiel moléculaire



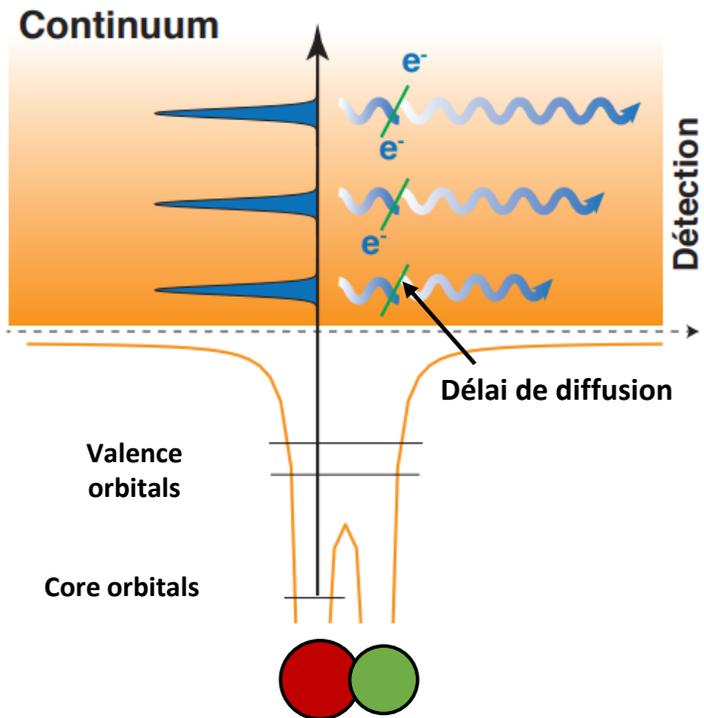
Différents potentiels nous donnerons différentes diffusions

(avec de hautes énergie de photons)

Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

Pourquoi dans les molécules ?

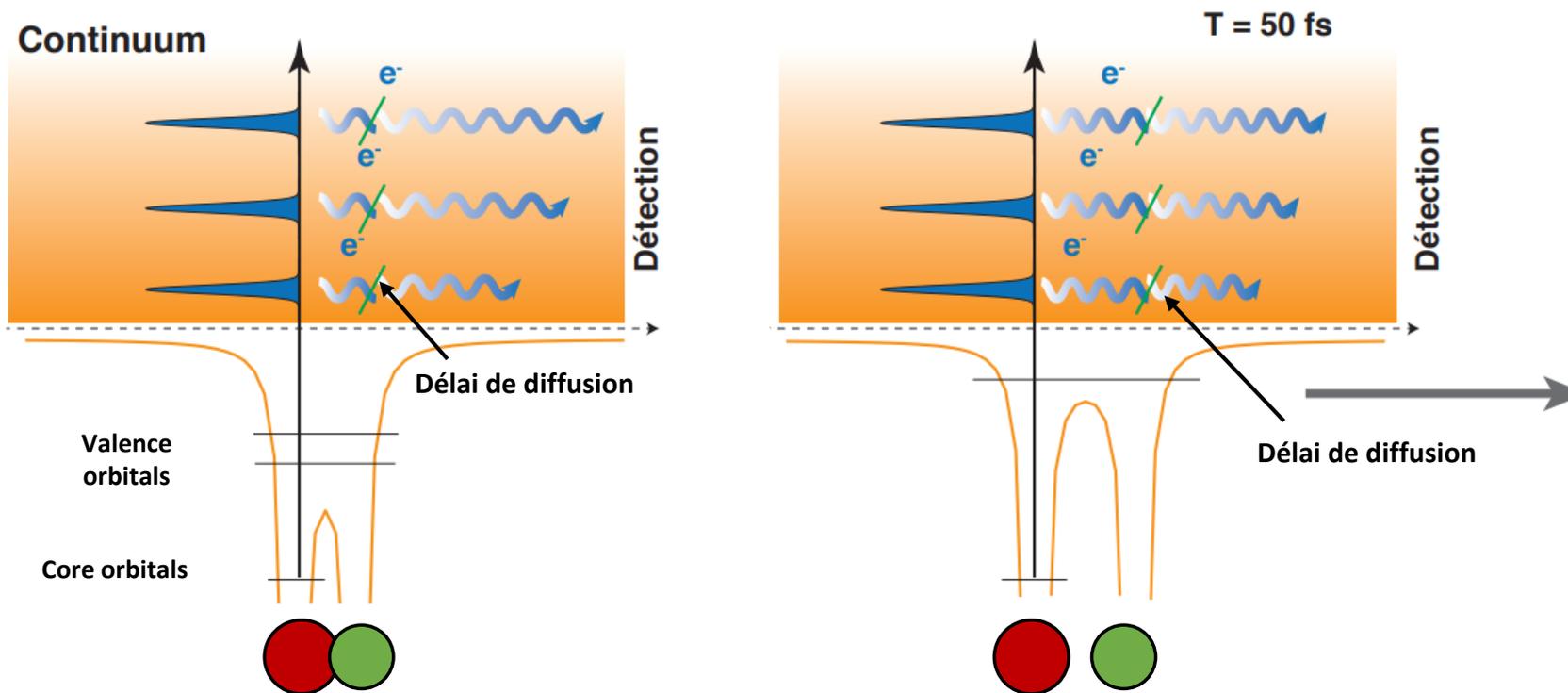
Enfin on veut contrôler la dynamique attoseconde en utilisant les molécules.



Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

Pourquoi dans les molécules ?

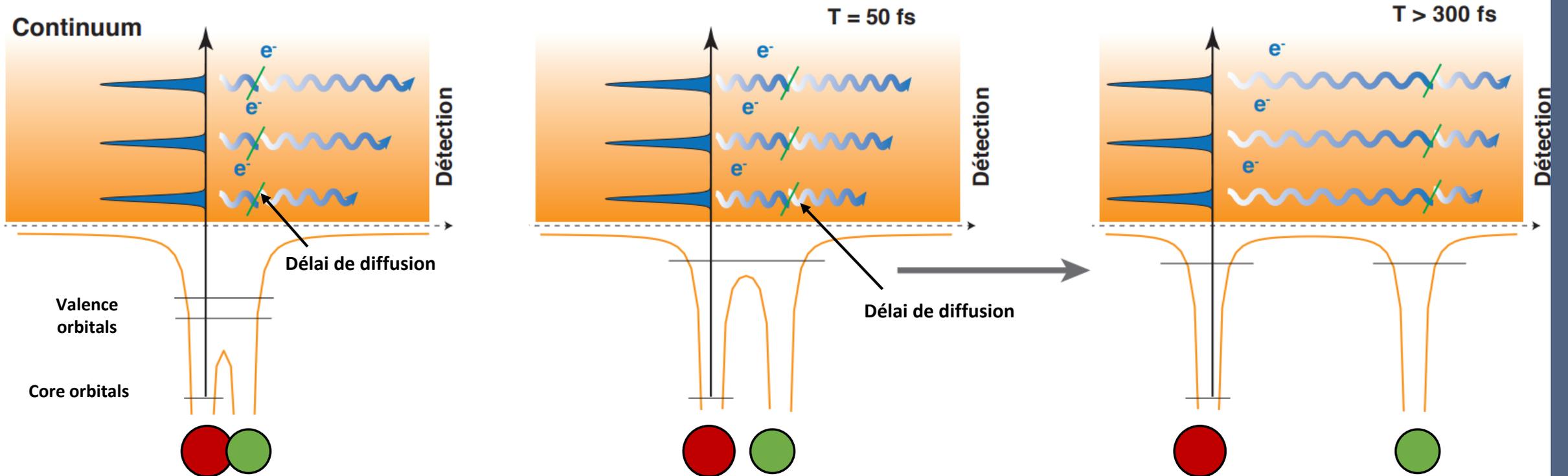
Enfin on veut contrôler la dynamique attoseconde en utilisant les molécules.



Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

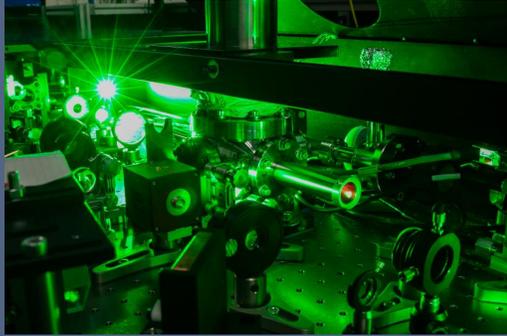
Pourquoi dans les molécules ?

Enfin on veut contrôler la dynamique attoseconde en utilisant les molécules.

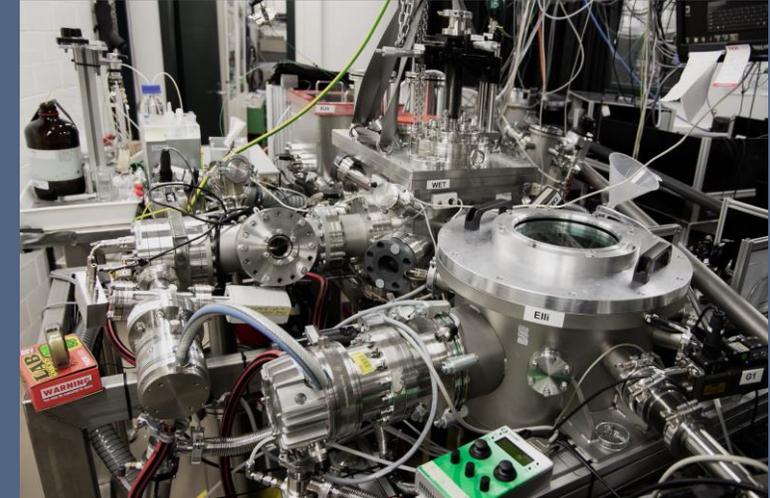


Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

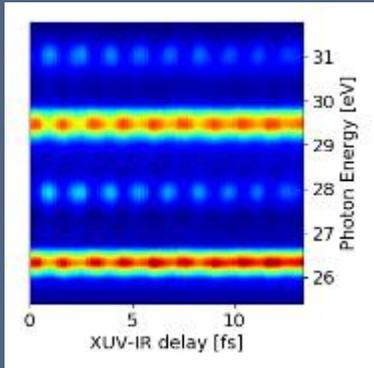
Récapitulatif de nos savoir faire



Laser à hautes puissances



Montage de vide poussé

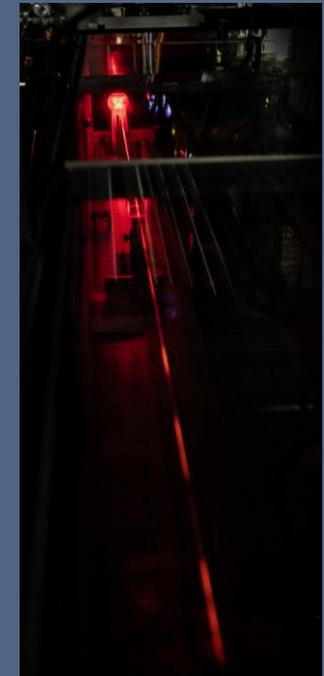


Stabilisation interférométrique
Et détection de photoémission

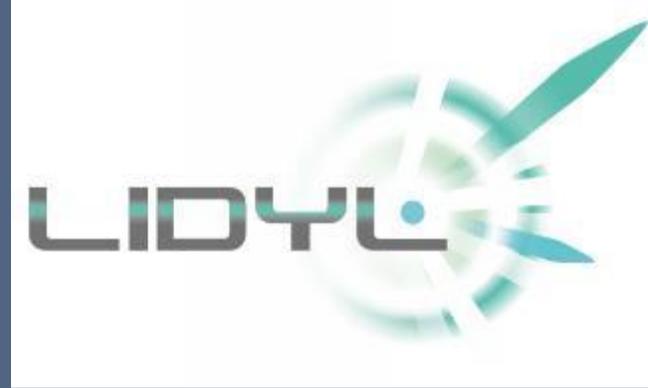


Echantillonnage aqueux sous vide

Optique non-linéaire



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



L'équipe attoseconde au LIDYL



Pascal Salières
(directeur)



Nora Berrah
(Professeur en visite)

Post-doc:

Constant Schouder

Etudiants:

Alice Autuori

Lucie Maeder

Merci pour votre attention

Interférométrie de photoélectron spectralement résolue

La diffusion électronique dans l'eau est pour le moment très peu étudiée avec ses outils temporels

